

ANALISIS KUAT TEKAN BETON DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH BATU BATA SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI AGREGAT HALUS

Hakim Sobirin^{1*}, Dr. Ir. H. Eri Setia Romadhon, M.T¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Jayabaya, Jakarta Timur, DKI Jakarta, Indonesia

*Email: hakimsobirin24@gmail.com

Abstrak

Dengan semakin bertambahnya permintaan terhadap bahan bangunan, muncul kebutuhan untuk melakukan inovasi dengan menggunakan limbah bata sebagai pengganti alternatif semacam pasir. Salah satu cara pemanfaatan limbah adalah dengan mengolah kembali limbah bata yang dihasilkan dari aktivitas konstruksi untuk dicampurkan ke dalam beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menggunakan limbah bata sebagai pengganti agregat halus dengan variasi 0%, 10%, dan 15% dari berat total pasir. Penelitian ini menetapkan standar kualitas beton sebesar 20 MPa dengan periode perawatan beton selama 28 hari. Perencanaan campuran beton dihitung berdasarkan SNI 03-2834-2000. Total sampel yang dibuat dalam penelitian ini berjumlah 27 buah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak penggantian limbah bata sebagai agregat halus terhadap kekuatan tekan beton. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan limbah batu bata sebagai substitusi agregat halus dengan variasi 0%, 10% dan 15% dapat meningkatkan kuat tekan beton. Nilai kuat tekan optimum didapatkan pada variasi limbah batu bata 10% sebesar 27,521 MPa.

Keywords: Limbah batu bata, Kuat tekan, Agregat halus.

Pendahuluan

Beton adalah salah satu bahan dasar yang penting dalam konstruksi bangunan, digunakan dalam berbagai proyek seperti gedung, jalan, dan infrastruktur lainnya. Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan beton biasanya terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air serta opsi penambahan aditif atau tanpa. Seiring dengan kemajuan dan keberlanjutan infrastruktur, permintaan dan kebutuhan akan beton pun semakin meningkat (Nugraha, 2024). Oleh karena itu, penggunaan agregat sebagai bahan pendukung beton semakin meningkat pula. Hal ini akan berdampak pada meningkatnya permintaan pasir dipasaran, yang dapat memperbesar aktivitas penambangan pasir dan merusak lingkungan disekitarnya. Dampak negatif ini menjadi salah satu kendala dalam penggunaan pasir sebagai bahan konstruksi, sehingga penting untuk mencari alternatif pengganti sebagian dari penggunaan pasir tersebut (Romadhon 2023).

Mengembangkan inovasi dalam teknologi beton yang ramah lingkungan

agar dapat memenuhi kebutuhan yang ada sangatlah diperlukan (Putra et al, 2018). Menggunakan bahan daur ulang atau limbah, sekaligus mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya alam secara efisien, merupakan langkah penting dalam upaya menciptakan beton yang ramah lingkungan. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah memanfaatkan limbah konstruksi, seperti limbah batu bata sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton. Dengan memanfaatkan limbah batu bata pada pembuatan beton, maka diharapkan dapat menghasilkan konstruksi yang lebih ramah lingkungan dengan kualitas yang tidak jauh berbeda (Sofia et al, 2019).

Limbah batu bata dapat berfungsi sebagai substitusi agregat halus dalam campuran beton dan memiliki potensi yang signifikan untuk meningkatkan keberlanjutan serta efisiensi material dalam industri konstruksi (Nugraha, 2024). Untuk menghasilkan agregat halus dari limbah batu bata, dibutuhkan proses penghancuran atau penghalusan terhadap potongan limbah batu bata yang sudah tidak terpakai, sehingga menjadi partikel yang lebih kecil dan lebih halus. Partikel limbah batu bata

juga berperan dalam mengisi celah di antara agregat kasar, sehingga dapat mengurangi rongga udara dan meningkatkan kepadatan beton.

Dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan beton normal (tanpa campuran limbah batu bata) dengan beton yang menggunakan limbah batu bata sebagai substitusi agregat halus. Beton dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan mutu beton ditargetkan sebesar 20 Mpa. Penelitian ini ingin mengetahui sejauh mana kuat tekan beton dengan menggunakan bahan limbah batu bata dengan variasi 0%, 10%, dan 15% sebagai substitusi agregat halus. penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan beton ramah lingkungan yang tetap memenuhi standar kekuatan struktural.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang diterapkan adalah metode eksperimen Laboratorium Uji Bahan. Penelitian ini tergolong eksperimen karena melakukan pengujian untuk mengevaluasi pengaruh substitusi limbah batu bata sebagai agregat halus dalam campuran beton yang ramah lingkungan terhadap kapasitas kuat tekan beton. Penelitian ini melibatkan pembuatan campuran beton standar dengan kuat tekan 20 Mpa serta variasi penggunaan limbah batu bata yang ditetapkan sebesar 0%, 10% dan 15% dari total berat agregat halus dalam campuran tersebut. Benda uji kuat tekan berbentuk silinder dan diuji pada umur 7, 14, dan 28 hari. Setiap variasi dibuat 3 sampel benda uji.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Uji Beton Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi, beralamat di Jalan Raya Jember No. KM 13, Labanasem, Kec. Kabat, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur 68461. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Pengujian yang akan dilaksanakan adalah uji kekuatan tekan dari beton. jumlah sampel yang diperlukan untuk pengujian ini dapat dilihat dari **Tabel 1**

Tabel 1 Jumlah Sampel Pengujian

Jenis Pengujian	Bahan Tambah	Umur Beton (hari)	Jumlah Sampel (buah)
Kuat Tekan Beton	0%	7	3
		14	3
		28	3
	10%	7	3
		14	3
		28	3
	15%	7	3
		14	3
		28	3
Total			27

Hasil dan Pembahasan

Pengujian Material Penyusun Beton

Dalam penelitian ini, langkah awal dilakukan adalah menguji karakteristik material. Uji material yang dilaksanakan mencakup agregat kasar, agregat halus, semen, serta limbah batu bata yang akan berfungsi sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton. Metode pengujian yang diterapkan termasuk berat jenis, volume berat, air resapan, kelembaban, dan analisis saringan untuk agregat halus dan kasar. Untuk semen, pengujian yang diterapkan meliputi berat jenis, volume berat, dan konsistensi normal. Sedangkan untuk limbah batu bata yang digunakan sebagai substitusi agregat halus, pengujian dilakukan dengan cara yang sama seperti pada agregat halus dalam campuran beton.

Perhitungan Mix Design

Perencanaan campuran beton dalam penelitian ini didasarkan pada SNI 03-2834-2000 yang mengacu pada Metode The British Mix Design Method (DOE). Dalam membuat campuran beton ini serupa dengan pembuatan campuran beton normal tetapi yang membedakan di agregat halus dengan adanya substitusi limbah batu bata sebagai agregat halus variasi 0%, 10% dan 15% dengan mutu beton Fc 20 Mpa sebagai uji kuat tekan rencana. Setelah perhitungan campuran beton didapat komposisi beton sebagai berikut

1. Kebutuhan bahan untuk 9 buah silinder beton normal + 20% safety factor

$$\text{Air} = ((W_{air} \times V \text{ silinder}) \times 9) + 20\% \text{ safety}$$

$$= ((204,9 \times 0,0053) \times 9)$$

$$= 9,77373 + 1,95474 = 11,7284 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = ((W_{sem} \times V \text{ silinder}) \times 9) + 20\% \text{ safety}$$

$$= ((426,875 \times 0,0053) \times 9)$$

$$= 20,362 + 4,0724 = 24,4344 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = ((W_{Ah} \times V \text{ silinder}) \times 9) + 20\% \text{ safety}$$

$$= ((809,357 \times 0,0053) \times 9)$$

$$= 38,606 + 7,7212 = 46,327 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = ((W_{Ak} \times V \text{ silinder}) \times 9) + 20\% \text{ safety}$$

$$= ((777,618 \times 0,0053) \times 9)$$

$$= 37,092 + 7,4184 = 44,5104 \text{ kg}$$

2. Kebutuhan bahan untuk 9 buah silinder variasi 10% limbah batu bata + 20% safety factor
- $$\text{Air} = ((W_{air} \times V \text{ silinder}) \times 9) + 20\% \text{ safety}$$
- $$= ((204,9 \times 0,0053) \times 9)$$
- $$= 9,77373 + 1,95474 = 11,7284 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = ((W_{sem} \times V \text{ silinder}) \times 9) + 20\% \text{ safety}$$

$$= ((426,875 \times 0,0053) \times 9)$$

$$= 20,362 + 4,0724 = 24,4344 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = ((W_{Ah} \times V \text{ silinder}) \times 9) - (10\% \times W_{Ah}) + 20\% \text{ safety factor}$$

$$= ((809,357 \times 0,0053) \times 9)$$

$$= 38,606 - 3,8606 + 6,94908 = 41,69448 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = ((W_{Ak} \times V \text{ silinder}) \times 9) + 20\% \text{ safety}$$

$$= ((777,618 \times 0,0053) \times 9)$$

$$= 37,092 + 7,4184 = 44,5104 \text{ kg}$$

$$\text{Limbah Batu Bata} = (10\% \times W_{Ah}) + 20\% \text{ safety factor}$$

$$= ((10\% \times 38,606)$$

$$= 3,8606 + 0,77212$$

$$= 4,63272 \text{ kg}$$

3. Kebutuhan bahan untuk 9 buah silinder variasi 15% limbah batu bata + 20% safety factor

$$\text{Air} = ((W_{air} \times V \text{ silinder}) \times 9) + 20\% \text{ safety}$$

$$= ((204,9 \times 0,0053) \times 9)$$

$$= 9,77373 + 1,95474 = 11,7284 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = ((W_{sem} \times V \text{ silinder}) \times 9) + 20\% \text{ safety}$$

$$= ((426,875 \times 0,0053) \times 9)$$

$$= 20,362 + 4,0724 = 24,4344 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = ((W_{Ah} \times V \text{ silinder}) \times 9) - (15\% \times W_{Ah}) + 20\% \text{ safety factor}$$

$$= ((809,357 \times 0,0053) \times 9)$$

$$= 38,606 - 5,790 + 6,563 = 39,379 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} = ((W_{Ak} \times V \text{ silinder}) \times 9) + 20\% \text{ safety}$$

$$= ((777,618 \times 0,0053) \times 9)$$

$$= 37,092 + 7,4184 = 44,5104 \text{ kg}$$

$$\text{Limbah Batu Bata} = (15\% \times W_{Ah}) + 20\% \text{ safety factor}$$

$$= ((15\% \times 38,606)$$

$$= 5,790 + 1,158$$

$$= 6,948 \text{ kg}$$

Pembuatan Benda Uji Silinder

Pembuatan benda uji yang perlu disiapkan terlebih dahulu yaitu alat dan material untuk pembuatan benda uji. Setelah material dan alat sudah lengkap selanjutnya dilakukan pencampuran. Pencampuran dilakukan dengan menggunakan mesin pengaduk beton untuk mencapai tingkat homogenitas yang optimal. Proses pencampuran dimulai dengan menambahkan agregat kasar, diikuti oleh agregat halus dan Limbah batu bata, selanjutnya semen, dan pada akhirnya air ditambahkan secara bertahap. Durasi pencampuran dipertahankan sesuai dengan standar yang berlaku, biasanya berkisar

antara 3 hingga 5 menit, untuk memastikan semua komponen tercampur dengan baik tanpa terjadinya segregasi. Beton yang telah tercampur akan langsung diuji untuk mengetahui workability-nya dengan melakukan uji slump.



Gambar 2 Pencampuran Material Menggunakan Concrete Mixer

Saat melakukan proses pencampuran, merujuk pada SNI 2493-2011 mengenai pengujian nilai slump dengan menggunakan alat uji slump, beton segar dimasukkan ke dalam kerucut dengan mengisi 1/3 bagian terlebih dahulu, kemudian dirojok sebanyak 25 kali. Setelah itu, diisi hingga 2/3 bagian dan dirojok lagi sebanyak 25 kali, hingga penuh, lalu permukaan kerucut diratakan. Kerucut tersebut diangkat secara perlahan dan dibiarkan selama 30 detik sebelum mengukur penurunan yang terjadi. Setelah melakukan uji slump, diperoleh nilai dari workability beton segar untuk beton normal yang mencapai 100 mm, sedangkan untuk beton dengan variasi limbah batu bata 10% adalah 140 mm, dan untuk variasi 15% adalah 100 mm.



Gambar 3 Pelaksanaan Slump Tes

Setelah melakukan pengujian slump dan memperoleh hasil yang sesuai dengan rencana, langkah selanjutnya adalah menuangkan beton segar ke dalam cetakan yang telah diolesi minyak pelumas terlebih dahulu. Selanjutnya, beton segar dituangkan hingga mencapai sepertiga dari silinder kemudian dirojok sebanyak 25 kali, diteruskan dengan dua pertiga dan diisi hingga penuh, masing-masing dirojok sebanyak 25 kali. Tujuan dari proses ini adalah untuk memastikan tidak ada rongga di dalam silinder. Setelah itu, permukaan beton diratakan dan sisi-sisi silinder diketuk menggunakan palu karet agar beton di dalam silinder menjadi lebih padat.



Gambar 4 Proses Pencetakan Silinder

Setelah beton dicetak, biarkan selama 24 jam di dalam silinder. Setelah waktu tersebut, lepaskan cetakan silinder dan lanjutkan dengan perawatan beton dengan merendamnya untuk menjaga tingkat kelembapan, sehingga proses hidrasi semen bisa berjalan dengan baik, meningkatkan ketahanan beton, dan menghindari adanya retak.



Gambar 5 Proses Curing Beton

Pengujian Kuat Tekan Beton

Dalam studi ini, kekuatan tekan beton menggunakan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan di uji kuat tekan pada usia beton 7, 14, dan 28 hari. Sebelum melakukan pengujian kuat tekan, setiap benda yang akan diuji ditimbang terlebih dahulu. Tujuannya adalah untuk mendapatkan informasi mengenai berat masing-masing benda, yang nantinya akan dimasukkan ke dalam alat compressing testing machine (CTM).



Gambar 6 Proses Penimbangan Silinder Beton

Benda yang akan diuji harus dipersiapkan dengan melakukan penimbangan dan penghalusan permukaan sesuai dengan SNI 6339-2008 dengan cara meratakan permukaan yang tidak rata dengan menggunakan belerang cair dan kemudian mencetaknya dengan alat capping.



Gambar 7 Proses Capping Silinder Beton

Setelah menyelesaikan tahap capping beton, tahap berikutnya adalah menguji daya tahan tekan beton dengan menggunakan mesin pengujian tekan atau compressing testing machine (CTM). Sampel pengujian ditempatkan di atas mesin tekan dan proses pemberian beban pun dimulai dengan bantuan dari teknisi. Pemberian beban dilakukan hingga diperoleh nilai beban tekan yang maksimum.



Gambar 8 Pembebaan Silinder Beton

Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Tabel 2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi 0%

Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan	Rata-Rata
7 HARI	11,39	272,838	15,439	14,251
	11,428	239,413	13,548	
	11,582	243,268	13,766	
14 HARI	11,538	285,127	16,135	16,84
	11,576	313,366	17,733	
	11,464	294,305	16,654	
28 HARI	11,42	368,474	20,851	21,71
	11,45	370,098	20,943	
	11,53	412,414	23,338	

Tabel 3 Tabel 4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi 10%

Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan	Rata-Rata
7 HARI	11,588	384,636	21,766	19,299
	11,59	320,277	18,124	
	11,502	318,227	18,008	
14 HARI	11,524	417,017	23,598	24,052
	11,602	410,142	23,209	
	11,718	447,943	25,348	
28 HARI	11,64	501,305	28,368	27,521
	11,57	532,251	30,119	
	11,65	425,466	24,076	

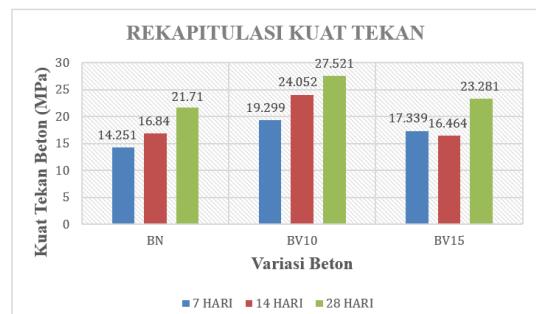
Tabel 5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi 15%

Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan	Rata-Rata
7 HARI	11,634	304,999	17,172	17,339
	11,59	301,109	16,953	
	11,382	317,770	17,891	
14 HARI	11,672	256,438	14,511	16,464
	11,582	272,153	15,401	
	11,488	344,227	19,479	
28 HARI	11,62	421,520	23,853	23,281
	11,67	455,335	25,767	
	11,65	357,378	20,223	

Tabel 6 Rekapitulasi Hasil Uji Kuat Tekan

No.	Variasi	Kuat Tekan (Mpa)		
		7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	0%	14,251	16,84	21,71
2	10%	19,299	24,052	27,521
3	15%	17,339	16,464	23,281

Berikut merupakan grafik dari rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton pada masing- masing umur dan variasi dapat dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 9 Grafik Rekapitulasi Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis kuat tekan beton dengan penambahan limbah batu bata sebagai material substitusi agregat halus, diperoleh kesimpulan. Pengaruh substitusi limbah batu bata merah sebagai agregat halus dengan variasi 0%, 10% dan 15% terhadap kuat tekan beton rencana 20 Mpa pada umur 7, 14 dan 28 hari.

- Pengujian pada umur 7 hari beton dengan substitusi limbah batu bata sebagai agregat halus variasi 0% memiliki kuat tekan 14,251 MPa, variasi 10% mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 19,299 MPa dan variasi 15% mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 17,339 Mpa.
- Pengujian pada umur 14 hari beton dengan substitusi limbah batu bata sebagai agregat halus variasi 0% memiliki kuat tekan 16,84 MPa, variasi 10% mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 24,052 MPa dan variasi 15% mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 16,464 Mpa.
- Pengujian pada umur 28 hari beton dengan substitusi limbah batu bata sebagai agregat halus variasi 0% memiliki kuat tekan 21,71 MPa, variasi 10% mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 27,521 MPa dan variasi 15% mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 23,281 Mpa.

Secara garis besar seluruh sampel beton memenuhi target mutu rencana 20 MPa. Berdasarkan hasil pengujian nilai kuat tekan beton. Diperoleh nilai kuat tekan optimal dengan penggunaan limbah batu bata dengan variasi 15% sebagai substitusi agregat halus.

Saran

Adapun saran yang bisa disampaikan oleh penulis yang berkaitan dengan hasil penelitian yang telah dilaksanakan untuk penelitian yang akan dilaksanakan selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan melakukan penelitian kuat tekan beton menggunakan variasi persen yang berbeda serta dapat ditambahkan material lainnya.
2. Dalam proses pembuatan beton, pencampuran harus dilakukan secara merata dan teliti, sementara saat penumbukan harus dilakukan dengan optimal karena ini dapat memengaruhi kondisi sampel atau objek yang diuji, menjadikannya rapuh dan berdampak pada hasil pengujian.

Daftar Pustaka

- Amin, M. Shofi'ul (2019). *Modul Laboratorium Uji Bahan: Uji Bahan Bangunan dan Mix Design Beton*. Politeknik Negeri Banyuwangi.
- Diki, R. (2020). *Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton* (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).
- Hermawan, O. H., Sidiq, M. F., Safira, N., & Rahman, A. (2021). Analisa Kuat Tekan Beton Akibat Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Bata. *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, 7(2).
- Indriasari, I. (2022). Analisis Kuat Tekan Beton menggunakan Limbah Batu Bata sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar. *Analisis Kuat Tekan Beton menggunakan Limbah Batu Bata sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar*, 1(2), 68-80.
- Nugraha, B. H. (2024). *Pemanfaatan Limbah Batu Bata Merah Sebagai Substitusi Agregat Halus dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Semen Pada Beton Normal* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Permatasari, S. (2019). *Pengaruh Bahan Tambah Batu Bata Merah Terhadap Kuat Tekan Beton Fc'21 Menggunakan Agregat Kasar PT.AMR dan Agregat Halus Desa Sunggup Kota Baru*. *Jurnal Teknik Sipil*, Politeknik Kotabaru.
- Putra, D. B. A., & Salim, M. A. (2018). *Potensi limbah batu bata Penggaron sebagai bahan alternatif pengganti agregat ringan pada pembuatan beton ringan mutu tinggi*. Prosiding SNST ke-9 Tahun 2018, Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim. ISBN 978-602-99334-9-9.
- Pramujaya, B. S., Mirdiana, F., Muhammad I., R., & Roesdiana, T. (2025). *Analysis of the effect of brick waste on concrete compressive strength*. *Journal of World Science*, 4(1), 1798-1811.
- Prayogo, D. H., Ridwan, A., & Winarto, S. (2019). Pemanfaatan Limbah Gypsum Board Dan Batu Bata Merah Untuk Substitusi Semen Pada Pembuatan Beton. *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, 2(2), 333.
- Romadhon E S. 2023. Analisis faktor air semen dan kekuatan beton dengan aggregate limbah plastik. *Jurnal Teknik Sipil Arsitektur*.22(2):200-205.
- Standar Nasional Indonesia. (1989). SK SNI S-04-1989-F. *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan bangunan bukan logam)*. Bandung : Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (1990). *SNI 03-1968-1990: Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (1990). *SNI 03-1969-1990: Metode Pengujian Berat Jenis Agregat Halus dan Agregat Kasar*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (1998). *SNI 03-4804-1998: Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2000). *SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2008). *SNI 1970:2008 : Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2011). *SNI 1971:2011 : Cara Uji Kadar Air Total Agregat dengan Pengeringan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2018). *SNI 4810-2018 : Tata Cara Pembuatan Dan*

- Perawatan Spesimen Uji Beton Di Lapangan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sofia, D.A., Shafira, P.A., Kusumah, H., (2019). Pengaruh Limbah Batu Bata Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Mutu Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, Politeknik Sukabumi, Sukabumi
- Syarif, A. (2016). Analisa Uji Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambahan Batu Bata Merah. *Jurnal Konstruksi STT Garut*.
- Wartini, W., Fuad, I. S., & Asmawi, B. (2023). Analisis kuat tekan beton dengan penambahan silica gel. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 11(2), 128-134.
- Yulian, H., Carlo, N., Khairid, I., (2023). Pengaruh Limbah Batu Bata Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(2), 322-334